

Aula 08 - Tecnologia de acesso à rede em Smart Home

Módulo de Internet das Coisas

- Profª Nídia Glória da Silva Campos

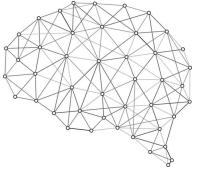


UNIVERSIDADE
ESTADUAL DO CEARÁ



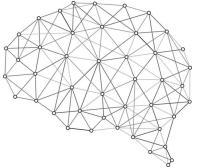
MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO



**IA**

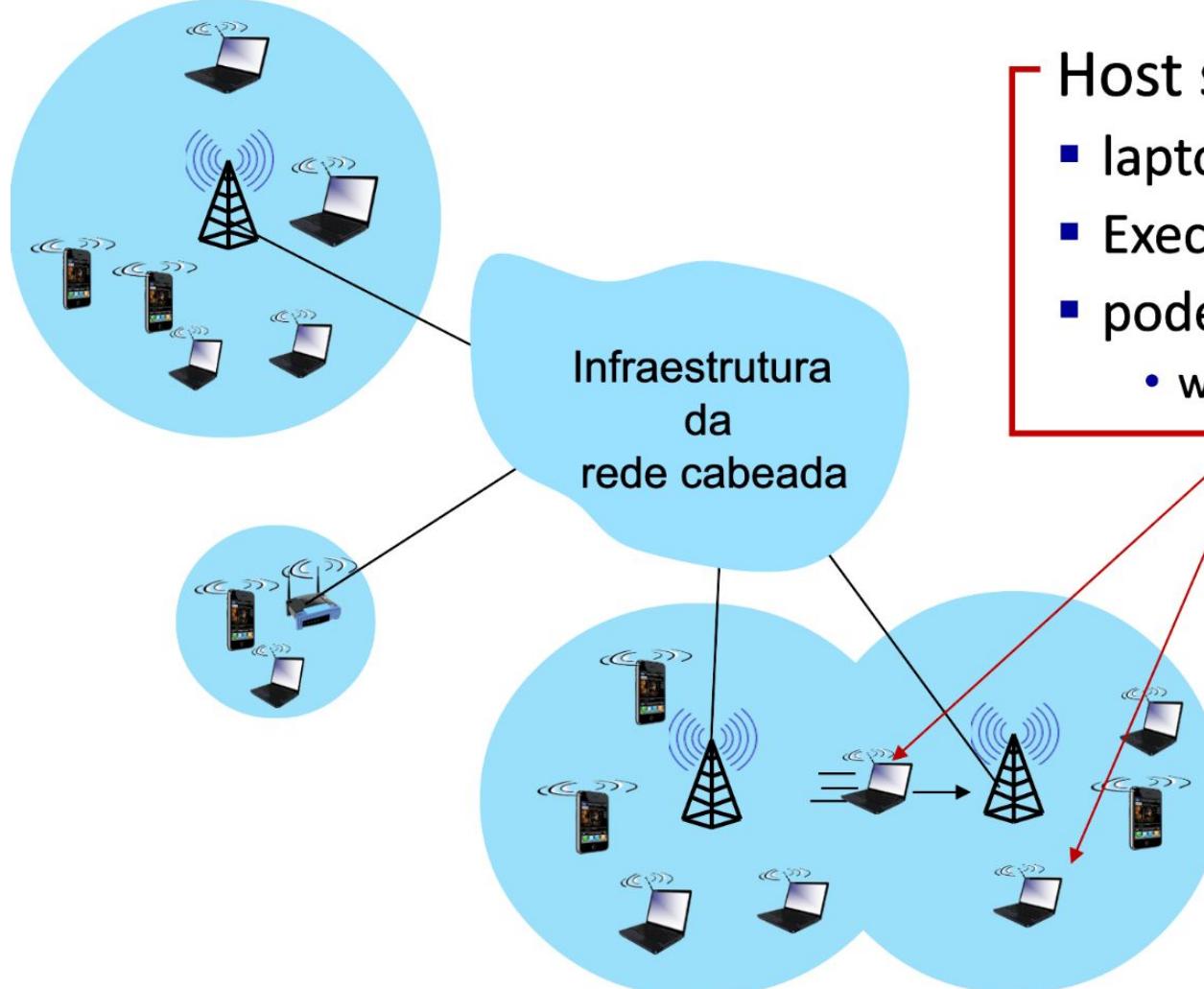
Objetivos da Aula

- Apresentar as características das redes sem fio
- Conhecer os detalhes das redes Wifi e Bluetooth, BLE (Bluetooth Low Energy)
- Demo-lab: Simulação de redes sem fio de uma Smart Home



IA

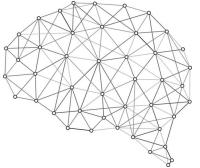
Elementos de uma rede sem fio [1]



Host sem fio

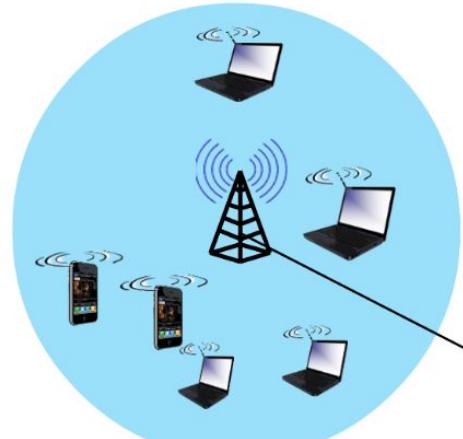
- laptop, smartphone, IoT
- Executa aplicações
- pode ser fixo (não-móvel) or móvel
 - wireless nem sempre significa mobilidade!



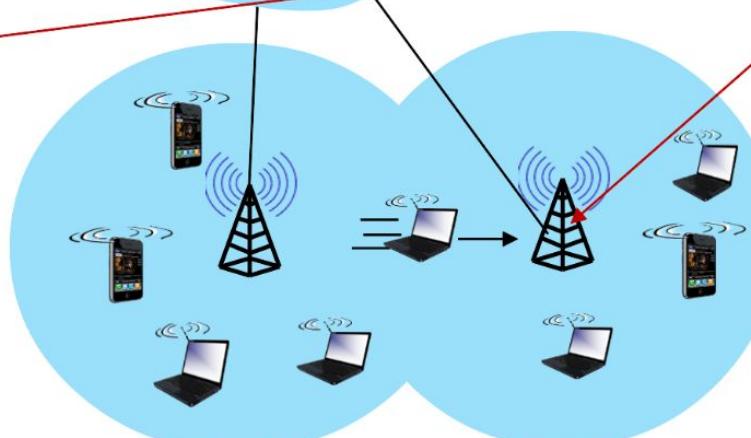


IA

Elementos de uma rede sem fio [1]



Infraestrutura
da
rede cabeada

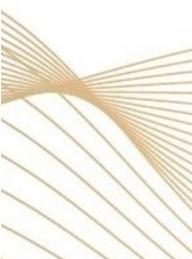


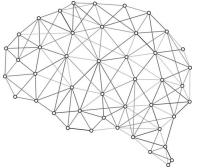
Estação base



- Tipicamente conectada a rede cabeada
- relay – responsável por enviar pacotes entre a rede cabeada e os hosts wireless nesta área

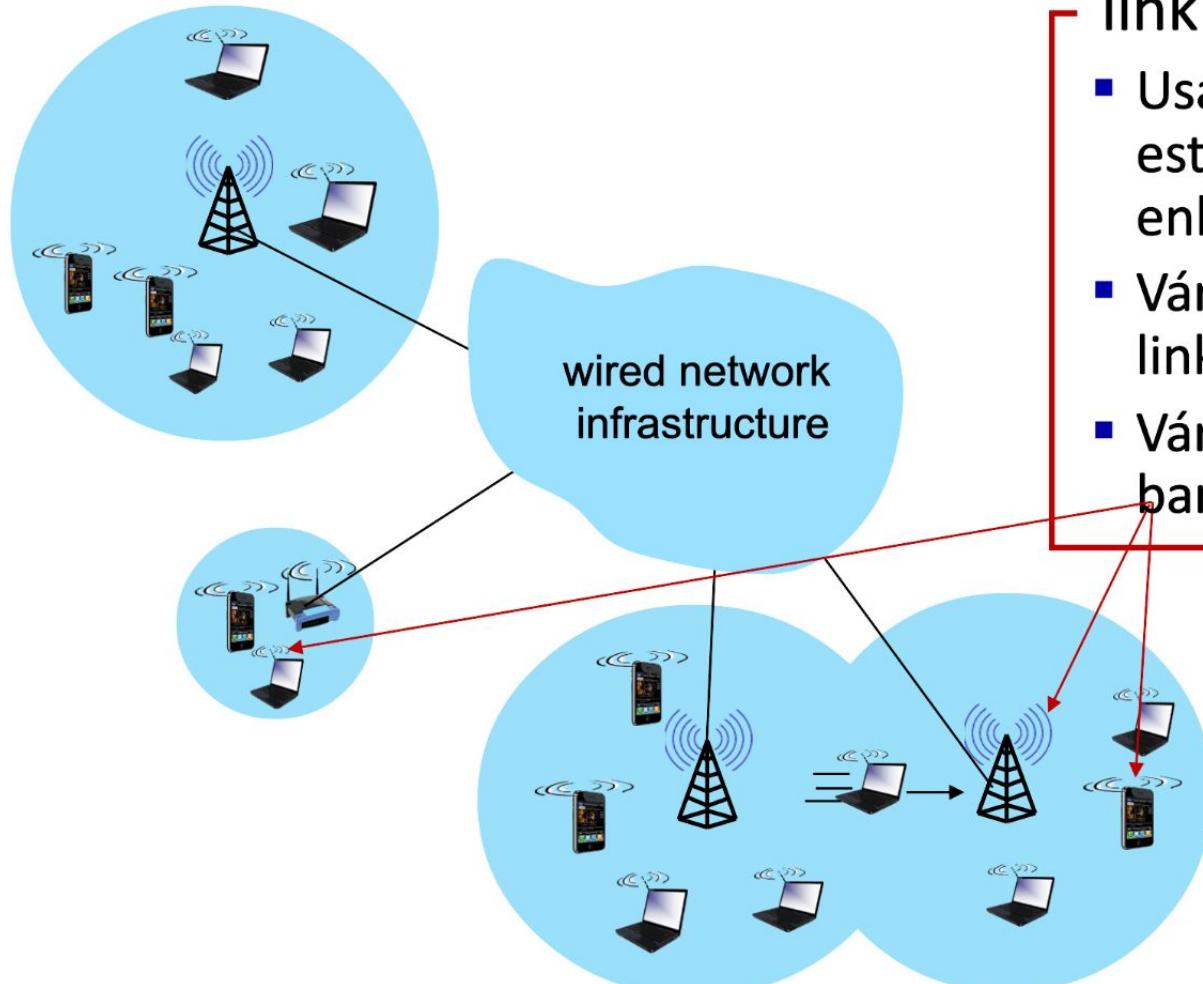
Ex. Torre celular, access point 802.11





IA

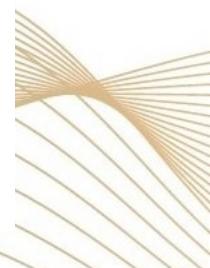
Elementos de uma rede sem fio [1]

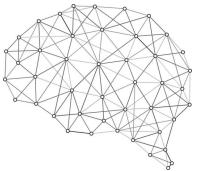


link sem fio

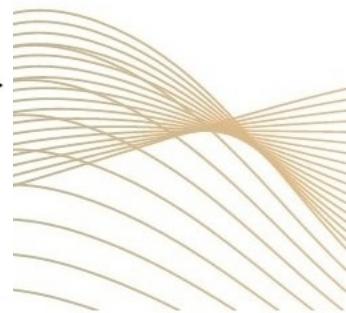
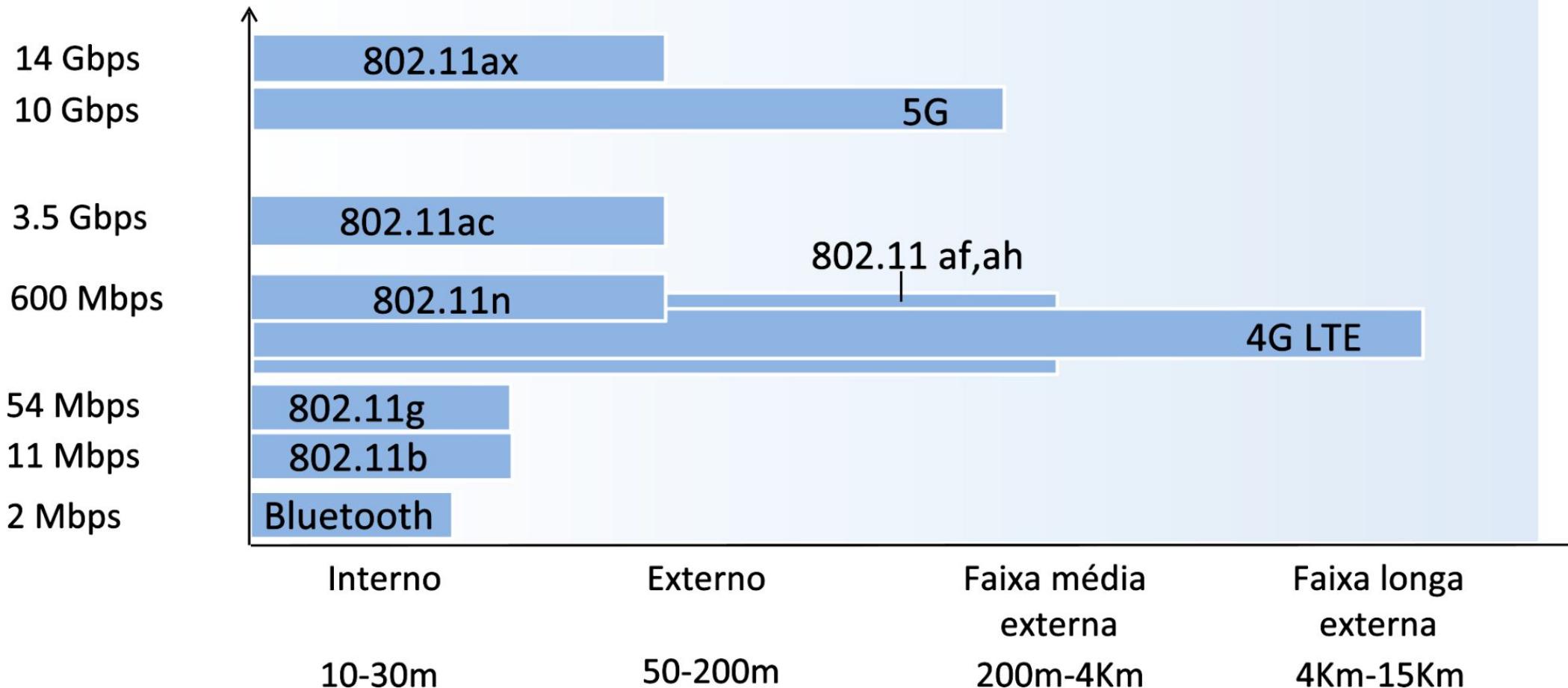


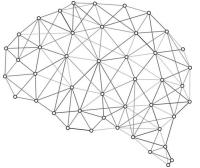
- Usado para conectar hosts móveis a estação base, também usados como enlace de backbone
- Vários protocolos de acesso coordenam o link de acesso
- Várias taxas de transmissão e distâncias, bandas de frequência



**IA**

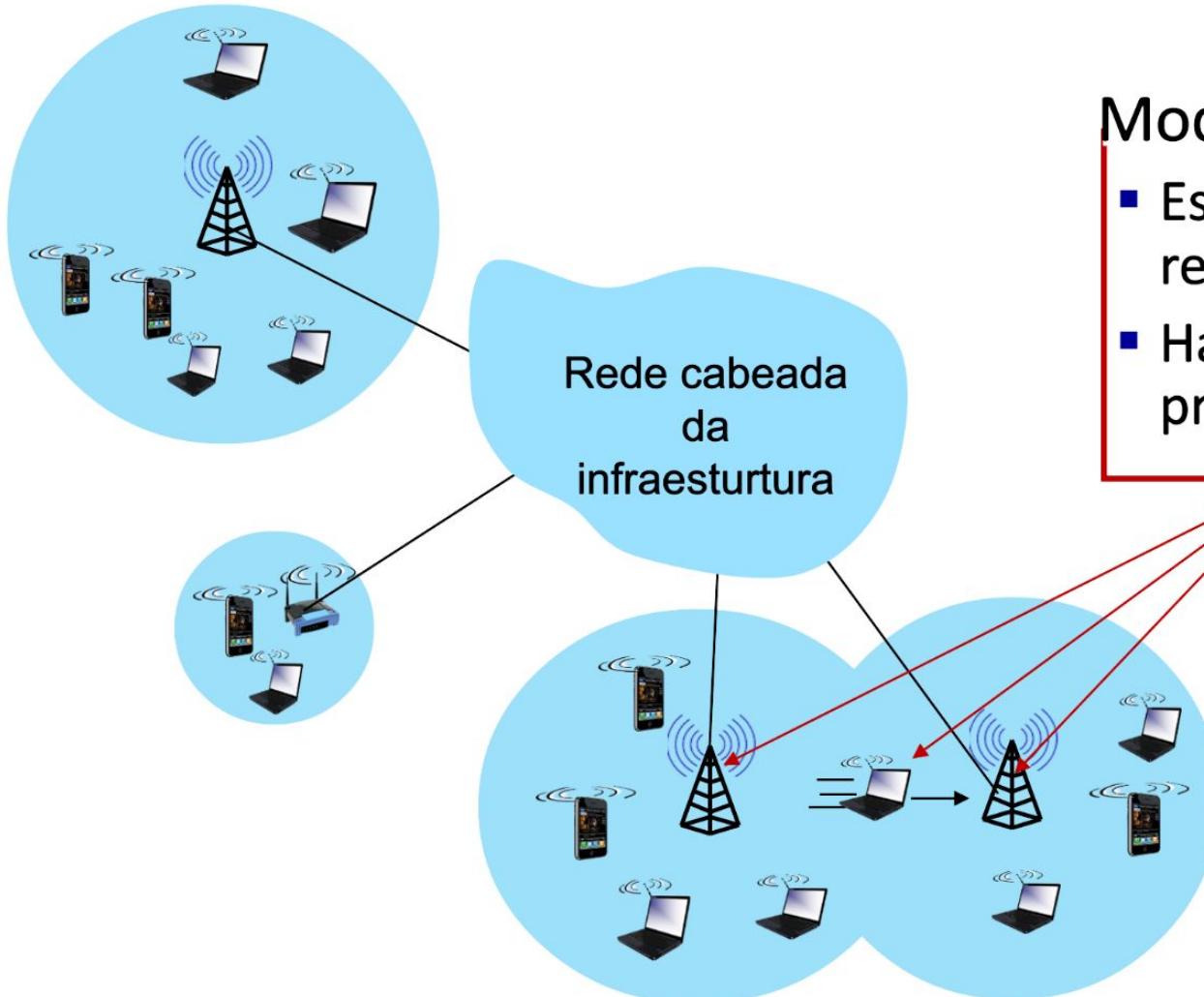
Características de links de redes sem fio selecionadas[1]





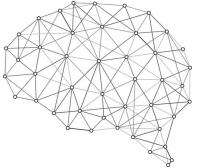
IA

Elementos de uma rede sem fio [1]



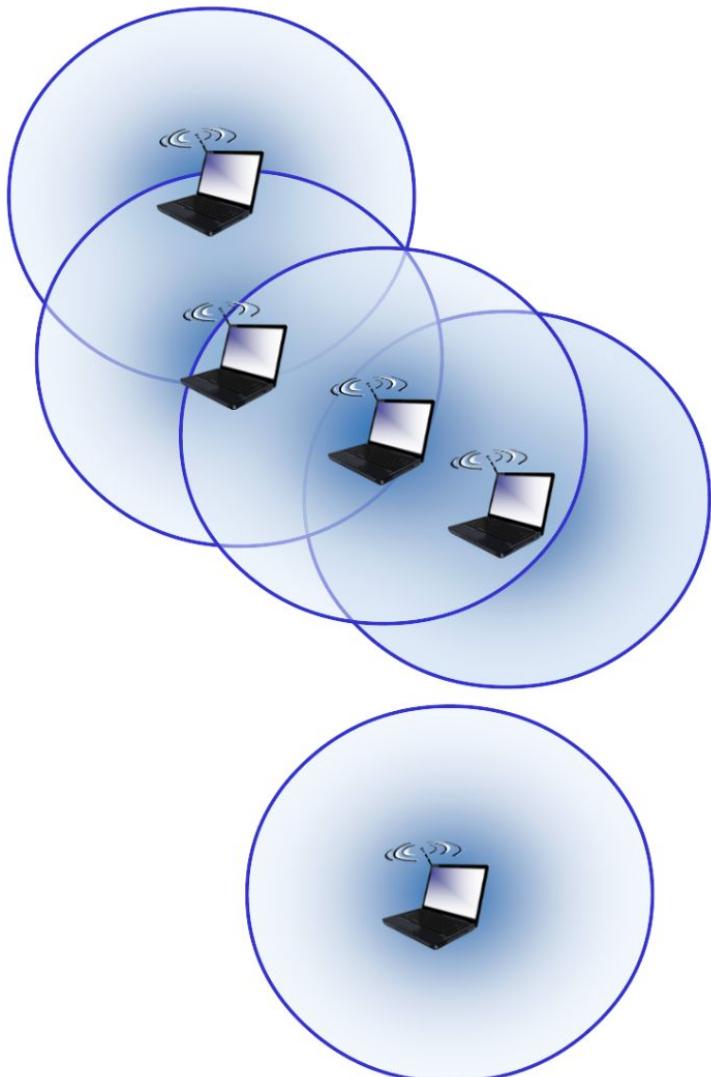
Modo de infraestrutura

- Estação base conecta hosts móveis na rede cabeada
- Handoff: host muda de estação base provendo conexão na rede cabeada



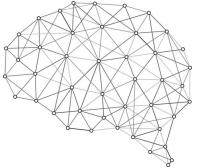
IA

Elementos de uma rede sem fio [1]



Modo ad hoc

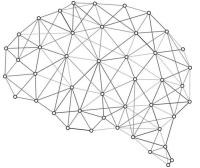
- Sem estação base
- Nós só podem transmitir para outros nós no link de cobertura
- Nós se auto-organizam na rede: roteamento entre eles



IA

Taxonomia de redes sem fio [1]

	single hop	multiple hops
infraestrutura (ex, APs)	Hosts se conectam à estação base (Wifi, celular) que se conecta à Internet	Hosts devem retransmitir através de vários nós sem fio que se conectam à Internet: rede mesh
<i>Sem infraestrutura</i>	Sem estação base, sem conexão à Internet (Bluetooth, redes ad hoc)	Sem estação base, sem conexão à Internet. Deve-se retransmitir para alcançar outro dado nó sem fio MANET, VANET



IA

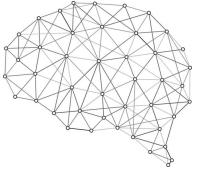
Características de redes sem fio [1]

• •
diferenças importantes de redes cabeadas...

- **força do sinal reduzido:** sinal de rádio é atenuado quando se propaga na matéria (**atenuação de percurso**)
- **interferência de outras fontes:** frequências da rede sem fio (ex. 2,4 GHz) compartilhada com muitos dispositivos (ex. Wifi, celular, motores)
- **propagação multicaminho:** o sinal de rádio reflete em objetos no solo, chegando no destino em momentos ligeiramente diferentes

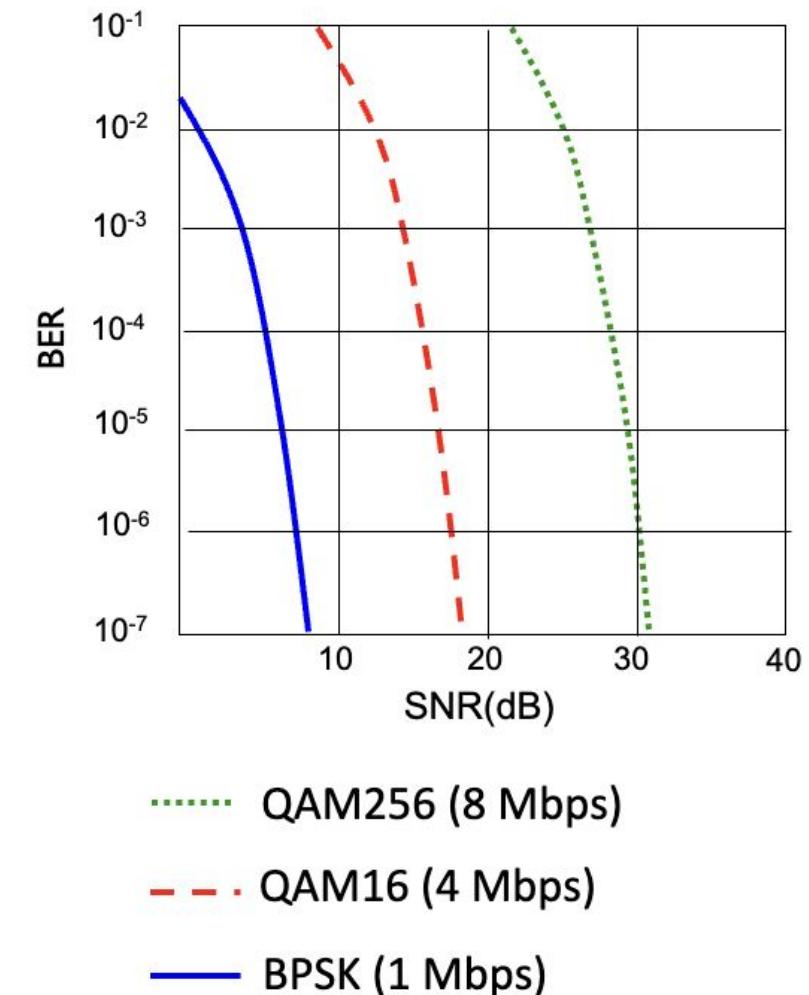
...fazendo a comunicação pelo link wireless (**mesmo ponto-a-ponto**) muito mais difícil

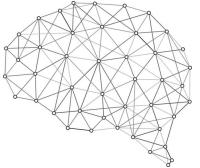


**IA**

Características de redes sem fio [1]

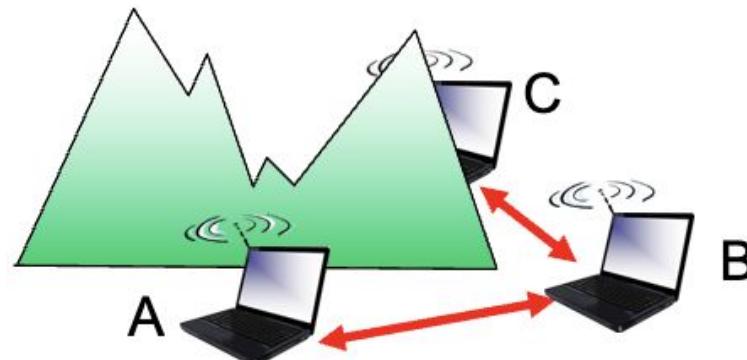
- **SNR: signal-to-noise ratio**
 - quanto maior SNR-mais fácil de extrair o sinal do ruído (uma "coisa boa")
- **SNR versus BER tradeoffs**
 - *dada camada física*: aumentar a potência->aumentar SNR-> diminuir BER (Bit Error Rate)
 - *dado SNR*: escolha a camada física que satisfaz o requisito BER, dando a maior vazão
 - SNR pode mudar com a mobilidade: dinamicamente se adapta a camada física (técnica de modulação, taxa)



**IA**

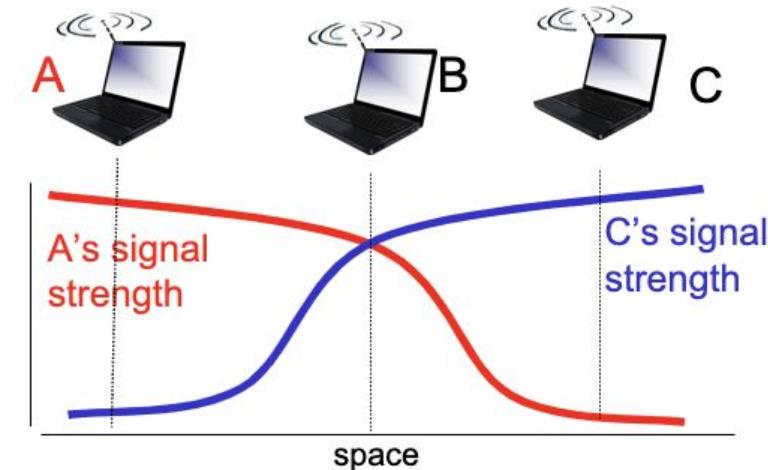
Características da redes sem fio [1]

• Vários transmissores e receptores sem fio criam problemas adicionais (além do acesso múltiplo);



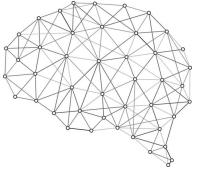
problema do terminal escondido

- B, A se escutam
- B, C se escutam
- A, C podem não se escutar o que significa que A, C desconhecem que interferem em B



Atenuação do sinal

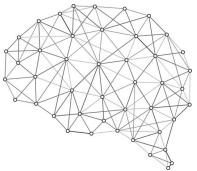
- B, A se escutam
- B, C se escutam
- A, C não se escutam interferindo em B



IA

Code Division Multiple Access (CDMA) [1]

- "código" único associado a cada usuário, i.e. code set partitioning
 - todos usuários compartilham a mesma frequência, mas cada usuário tem sua própria sequência de "chipping" (i.e., código) para codificar dados
 - permite vários usuários de "coexistir" e transmitir simultaneamente com mínima interferência (se o código for "ortogonal")
- **codificação:** produto interno: (dado original)x(sequência de chipping)
- **decodificação:** produto interno somado: (dados codificados)x(sequência de chipping)

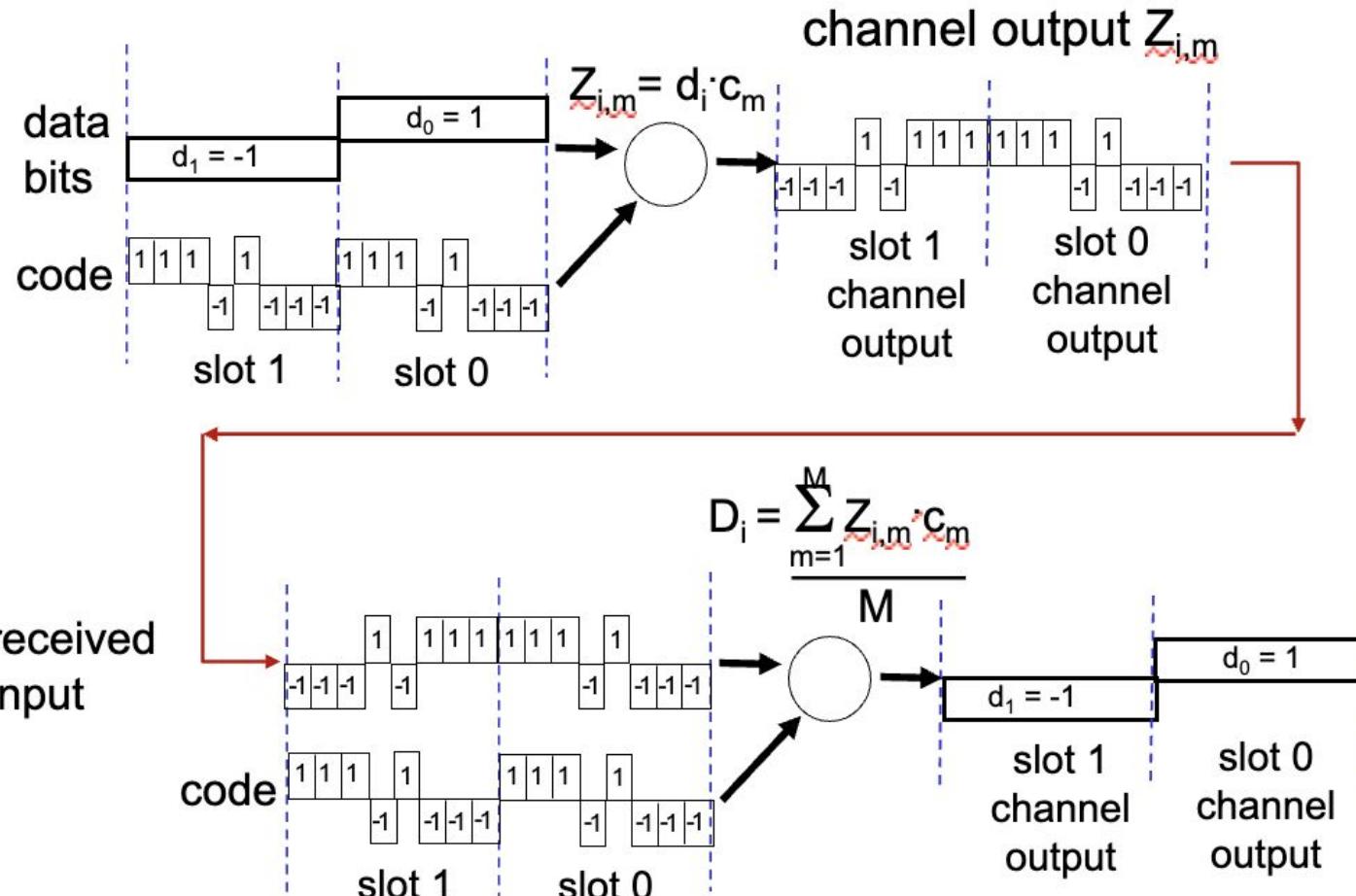


IA

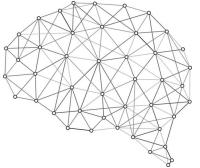
Codificação/Decodificação CDMA [1]

sender

receiver



... mais isso não é muito útil ainda!

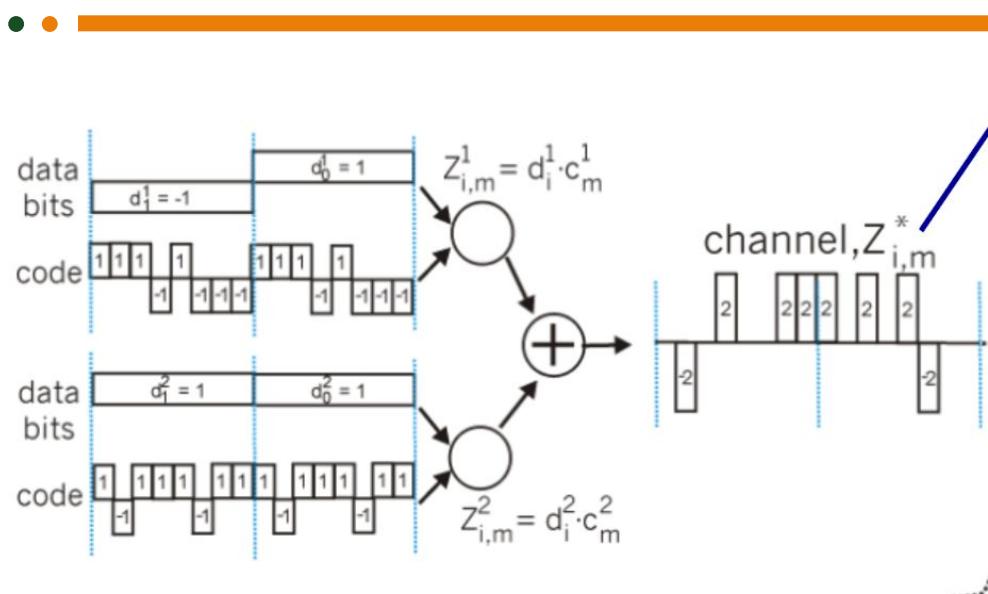


IA

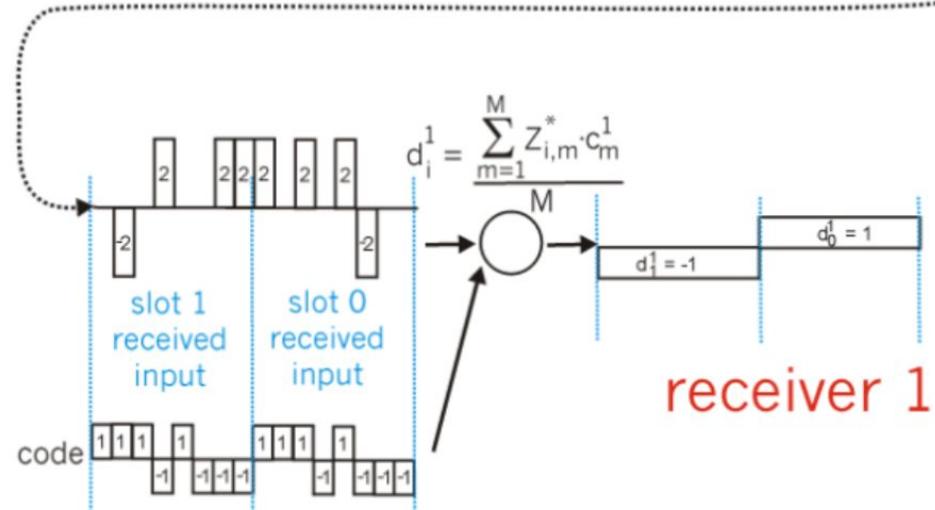
CDMA: interferência de dois transmissores [1]

Emissor 1

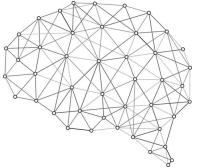
Emissor 2



Canal soma junto as transmissões do emissor 1 e 2



Usando o mesmo código do emissor 1, o receptor recupera os dados originais do emissor 1 dos dados do canal somados!

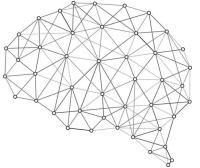


IA

IEEE 802.11 Wireless LAN [1]

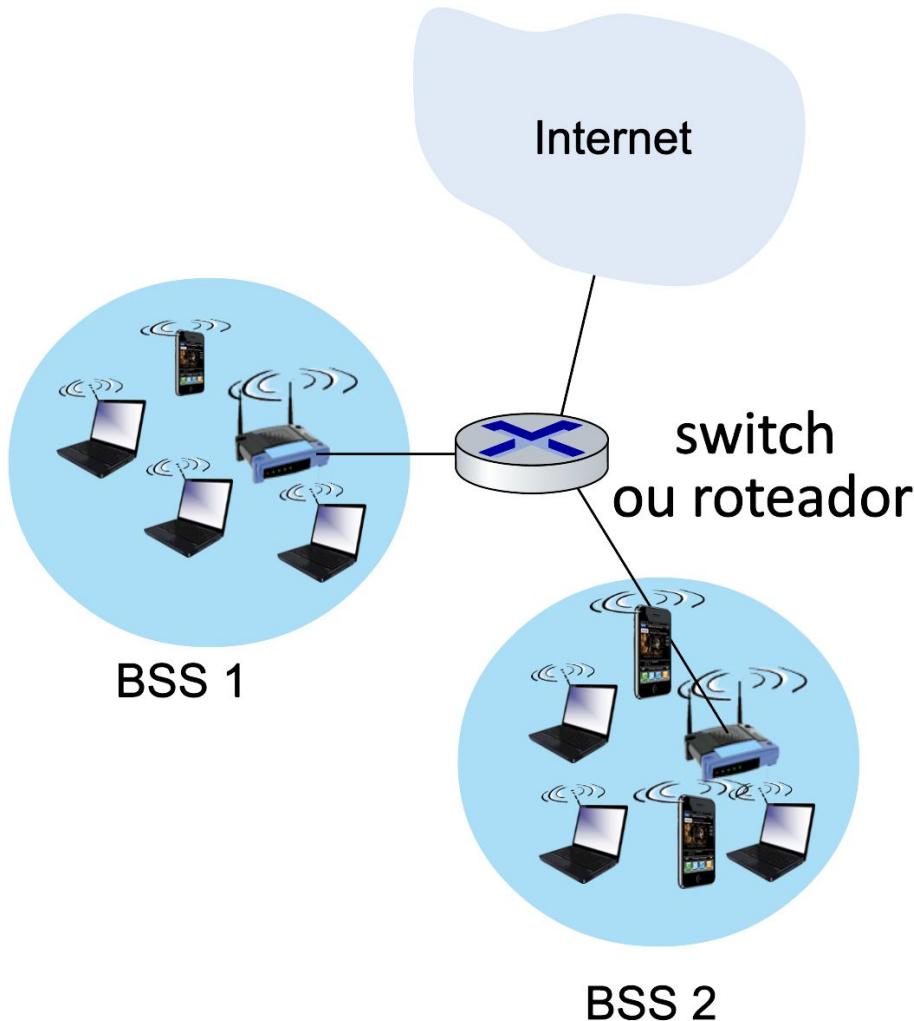
IEEE 802.11 standard	Ano	Taxa máxima	alcance	Frequência
802.11b	1999	11 Mbps	30 m	2.4 Ghz
802.11g	2003	54 Mbps	30m	2.4 Ghz
802.11n (WiFi 4)	2009	600 Mbps	70m	2.4, 5 Ghz
802.11ac (WiFi 5)	2013	3.47Gpbs	70m	5 Ghz
802.11ax (WiFi 6)	2020 (exp.)	14 Gbps	70m	2.4, 5 Ghz
802.11af	2014	35 – 560 Mbps	1 Km	Bandas de TV não usadas (54-790 MHz)
802.11ah	2017	347Mbps	1 Km	900 Mhz

- Todas usam CSMA/CA para acesso múltiplo, tem versões de redes com estação base e ad hoc.

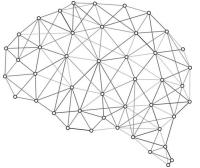


IA

Arquitetura de uma LAN 802.11 [1]

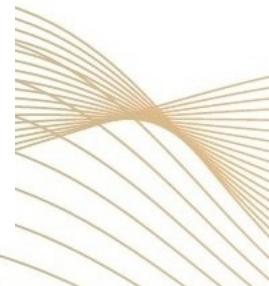
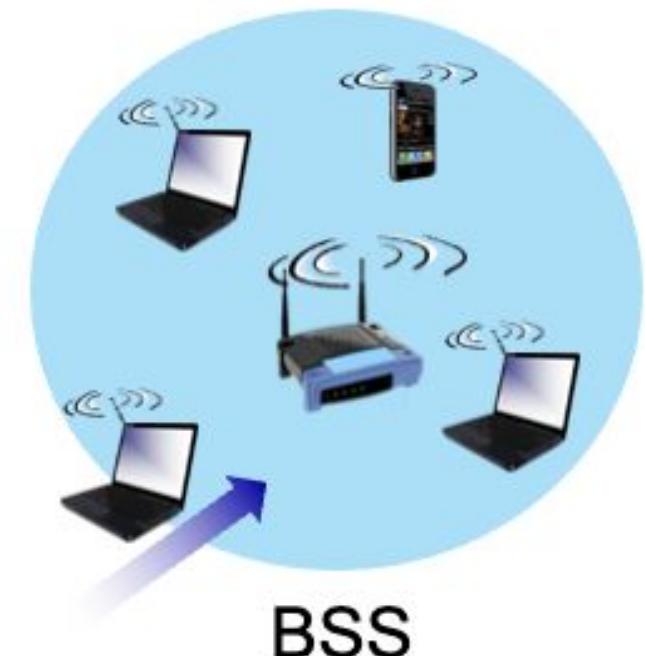


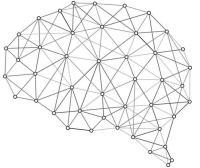
- hosts wireless se comunicam com a estação base
 - estação base = access point (AP)
- Basic Service Set (BSS)** (i.e. célula) no modo infraestrutura contém:
 - hosts wireless
 - access point (AP): estação base
 - modo ad hoc: só hosts

**IA**

802.11: Canais, Associação [1]

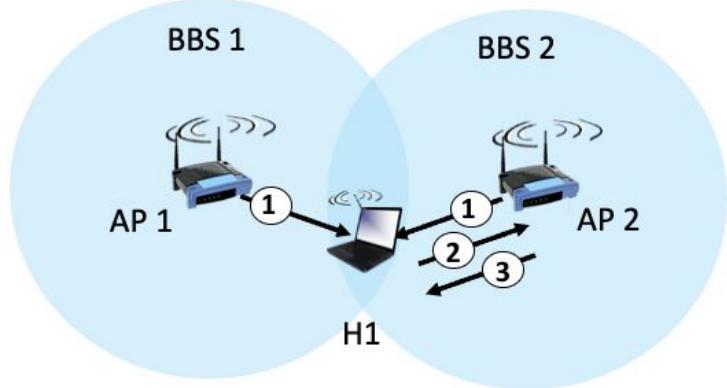
- espectro dividido em canais de diferentes frequências
 - administrador do AP escolhe a frequência para o AP
 - possível interferência: o canal pode ser o mesmo de um AP vizinho!
- o host que acabou de chegar: deve se associar à um AP
 - scan de canais, escuta de quadros beacon que contém o nome do AP (SSID) e o endereço MAC
 - podem executar uma autenticação
 - executam DHCP para obter o endereço IP da subrede do AP





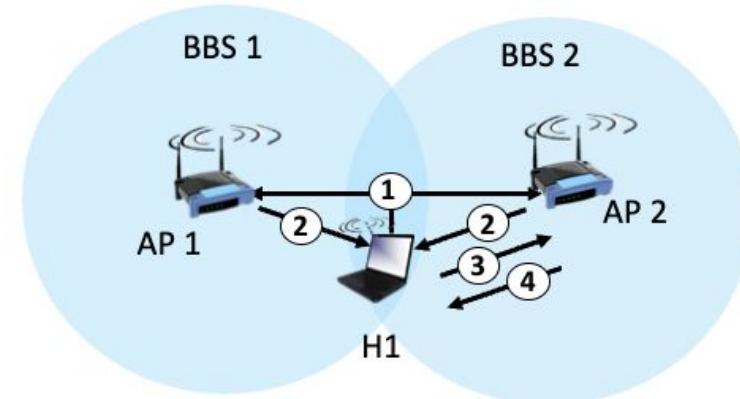
IA

802.11: scan passivo/ativo [1]



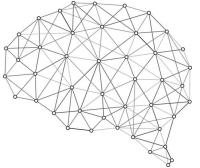
scan passivo

1. frames beacons são enviados pelo AP
2. um frame Association Request é enviado por H1
3. um frame Association Response é enviado pelo AP



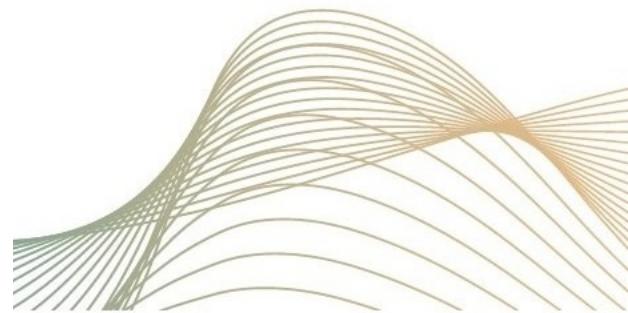
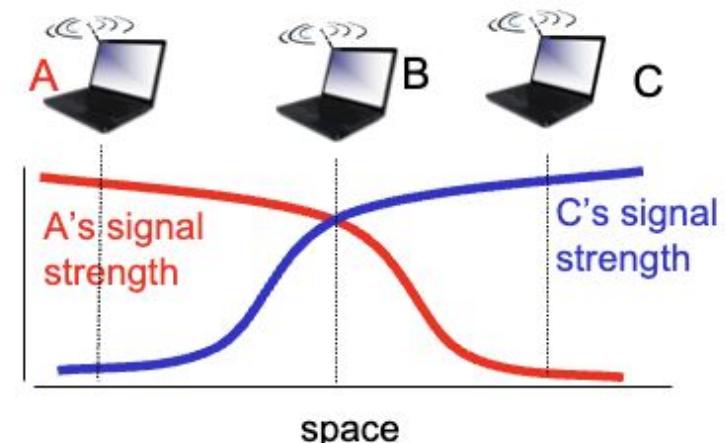
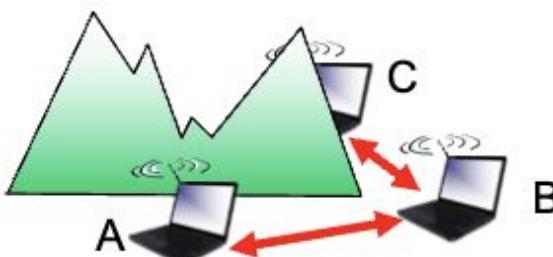
scan ativo

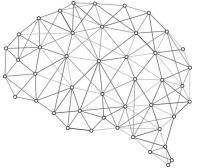
1. um frame Probe Request é difundido por H1
2. um frame Probe Response é enviado pelos APs
3. um frame Association Request é enviado de H1 ao AP selecionado
4. um frame Association Response é enviado pelo AP selecionado para H1

**IA**

802.11: acesso múltiplo [1]

- evitar colisões: 2 ou mais nós transmitindo ao mesmo tempo
- 802.11: CSMA - escutar antes de transmitir
 - não colide com um nó que está transmitindo já detectado
- 802.11: *sem detecção de colisão!*
 - difícil de escutar colisões: sinal de transmissão alto, sinal recebido fraco devido o desvanecimento
 - não escuta todas as colisões em todos os casos: terminal escondido, desvanecimento
 - objetivo: ***evitar colisões***: CSMA/CA (Collision Avoidance)





IA

Protocolo MAC IEEE 802.11: CSMA/CA

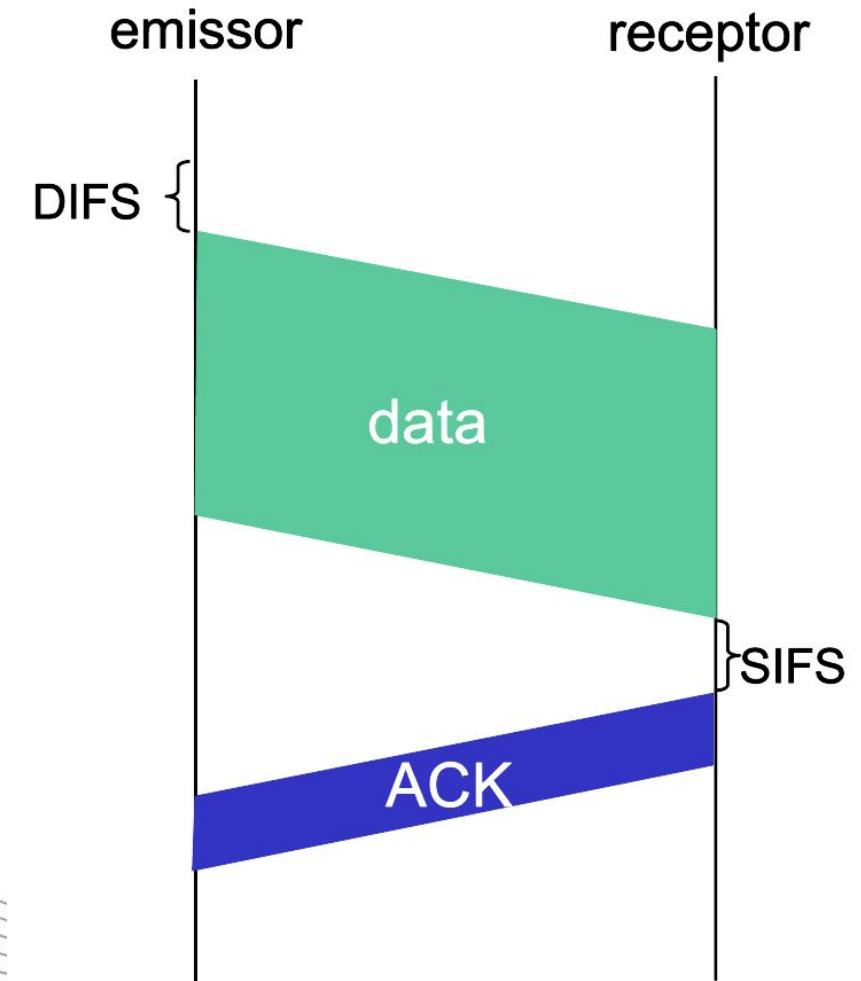
802.11 emissor

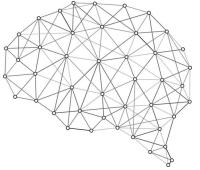
1. se o canal está ocioso para DIFS então transmita o quadro inteiro sem (CD)
2. se o canal está ocupado então
 - a. inicie um tempo de backoff aleatório
 - b. um timer faz contagem regressiva enquanto o meio fica ocioso
 - c. transmitir quando o timer expirar
 - d. sem ACK, aumente o intervalo de backoff e repita o passo 2

802.11 receptor

se o quadro recebido está ok então

envie um ACK depois de SIFS (o ACK é necessário devido o problema do terminal escondido)

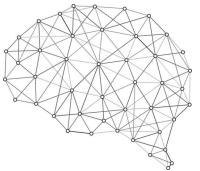


**IA**

Evitando colisões (mais)

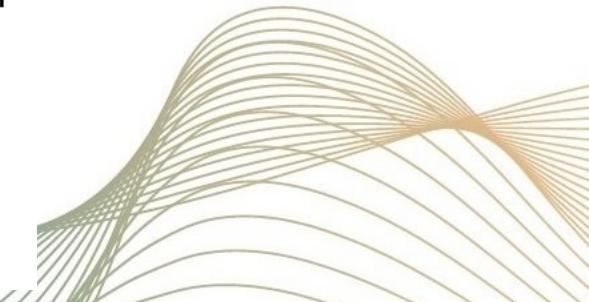
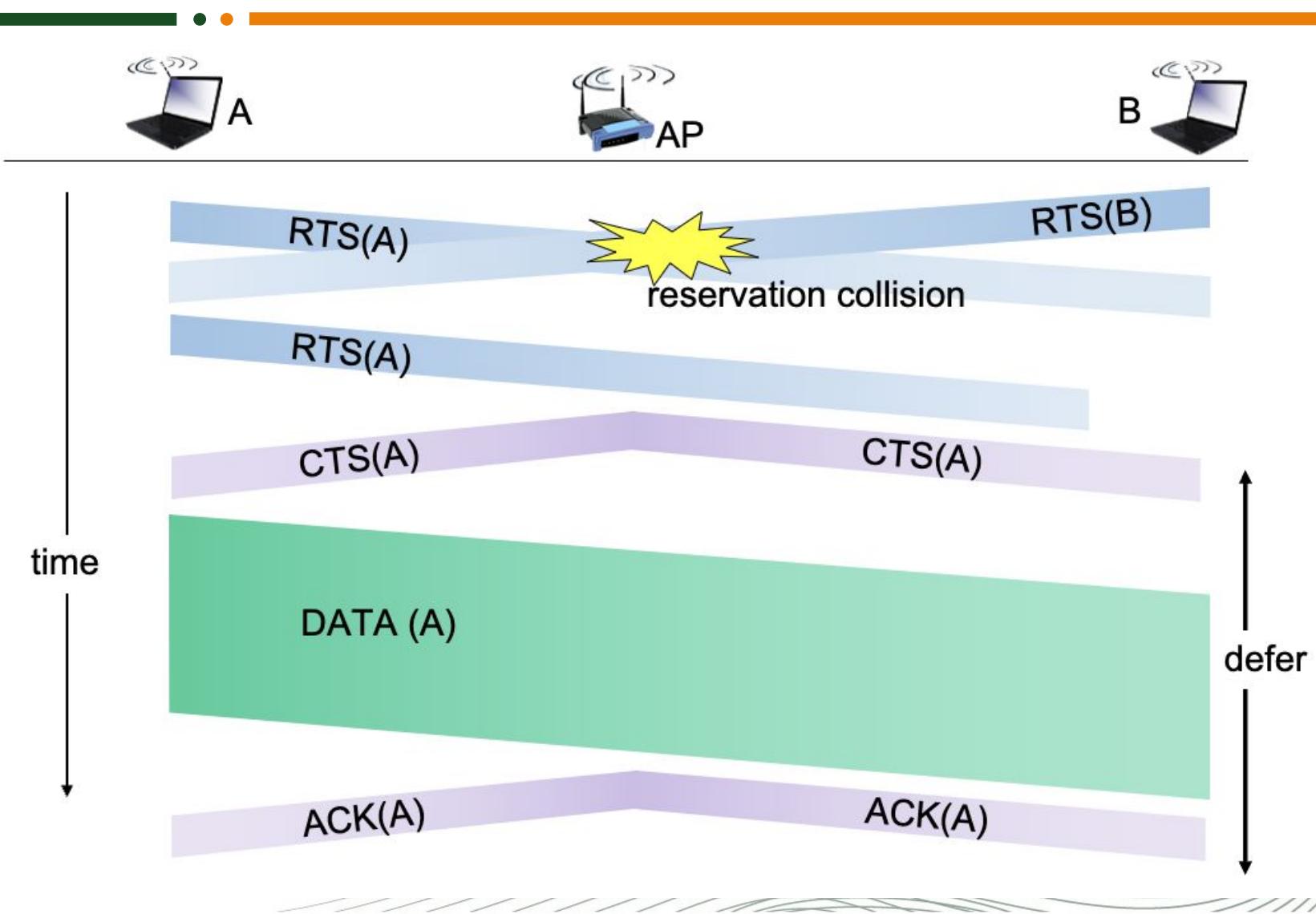
ideia: o emissor "reserva" o uso do canal para quadros de dados usando pequenos pacotes de reserva

- o emissor primeiro transmite pequenos pacotes request-to-send (RTS) para a estação base usando CSMA
 - os RST podem ainda colidir com outros (mais eles são pequenos)
- A estação base difunde clear-to-send (CTS) em resposta ao RTS
 - o emissor transmite quadros de dados
 - outras estações adiam suas transmissões



IA

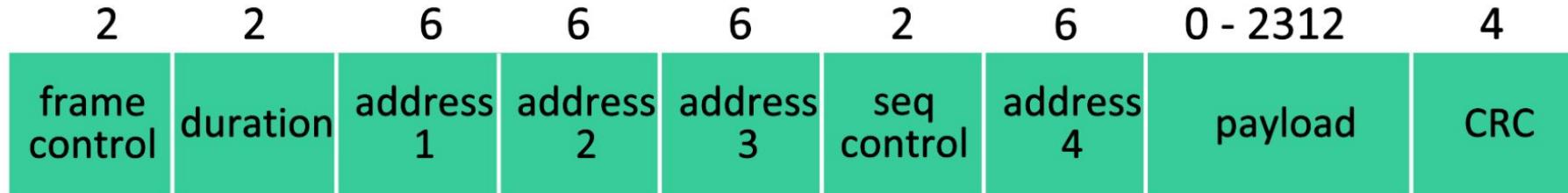
Collision Avoidance: troca RTS-CTS





IA

Quadro 802.11: endereçamento [1]

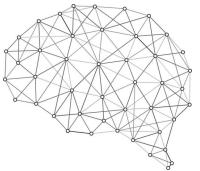


Address 1: endereço MAC
do host wireless ou AP
que recebe este quadro

Address 2: endereço MAC
do host ou AP que
transmite esse quadro

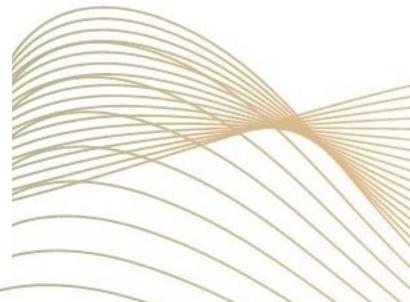
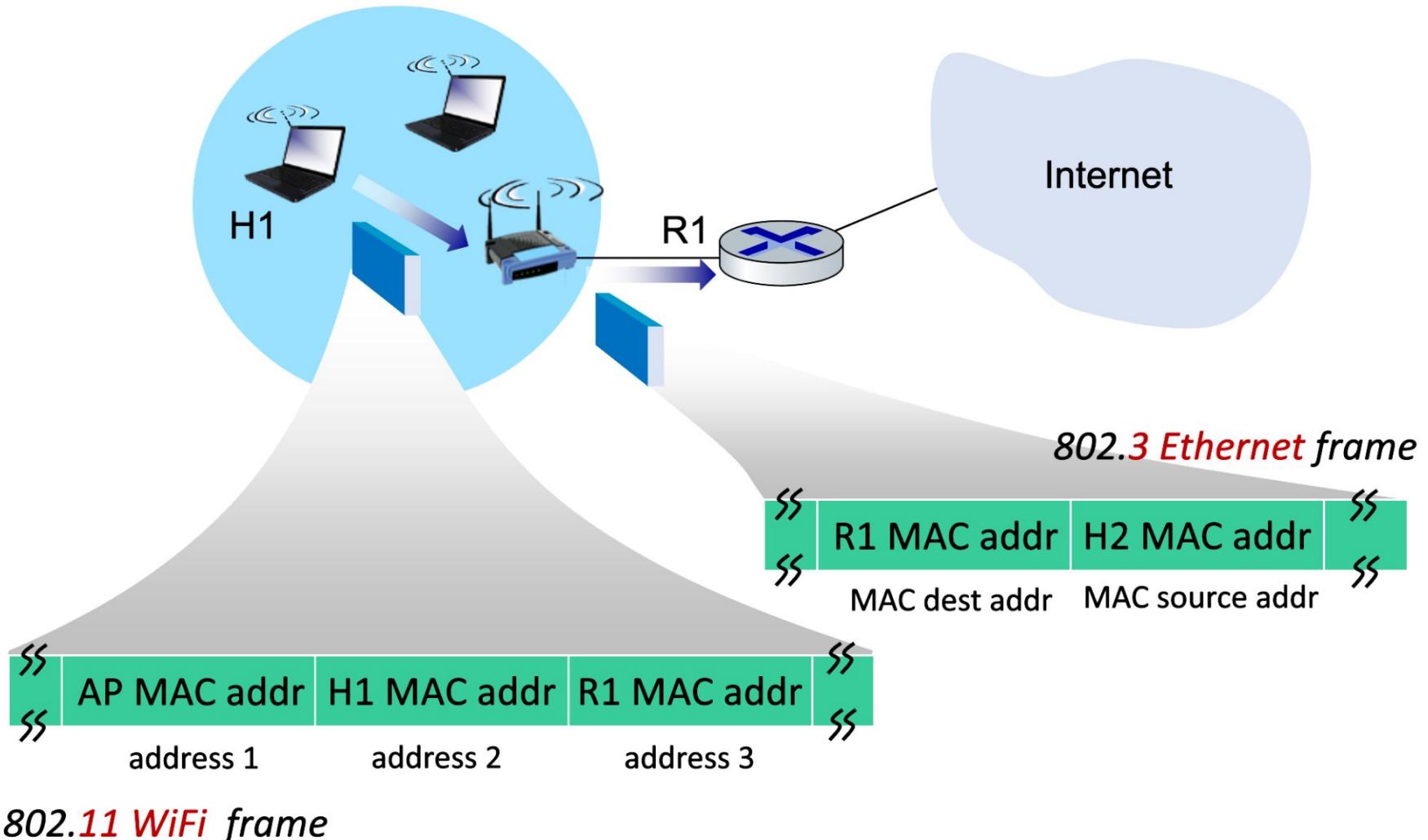
Address 4:
usado somente no
modo ad hoc

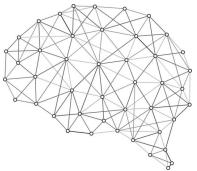
Address 3: endereço MAC da
interface do roteador na qual
o AP está conectado



IA

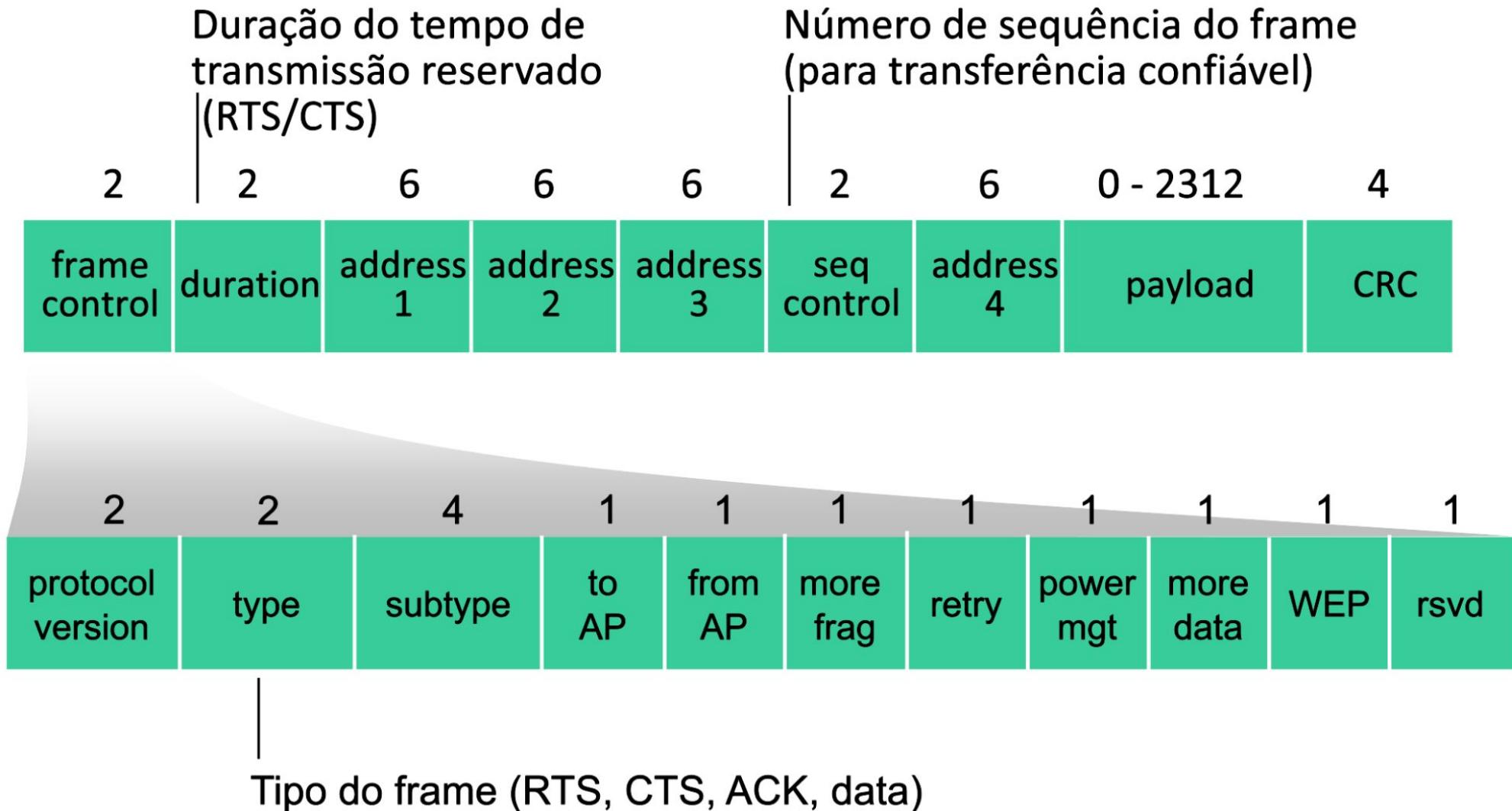
Quadro 802.11: endereçamento [1]

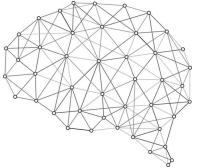




IA

Quadro 802.11: endereçamento [1]

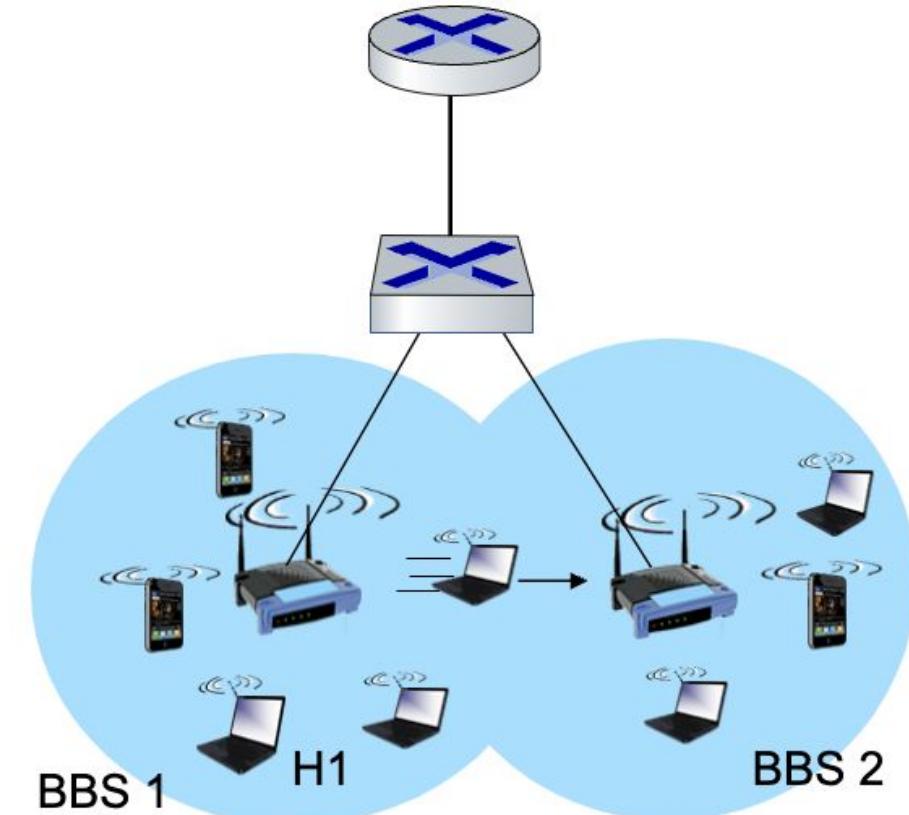


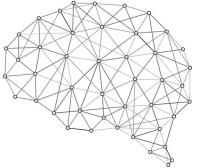


IA

802.11: Mobilidade dentro da mesma subrede

- H1 continua na mesma subrede:
pode continuar como mesmo IP
- switch: em qual AP está H1?
 - **auto-aprendizagem:** o switch vai "ver"
o frame vindo de H1 e vai se "lembrar"
em qual porta do switch pode ser usada
para alcançar H1.



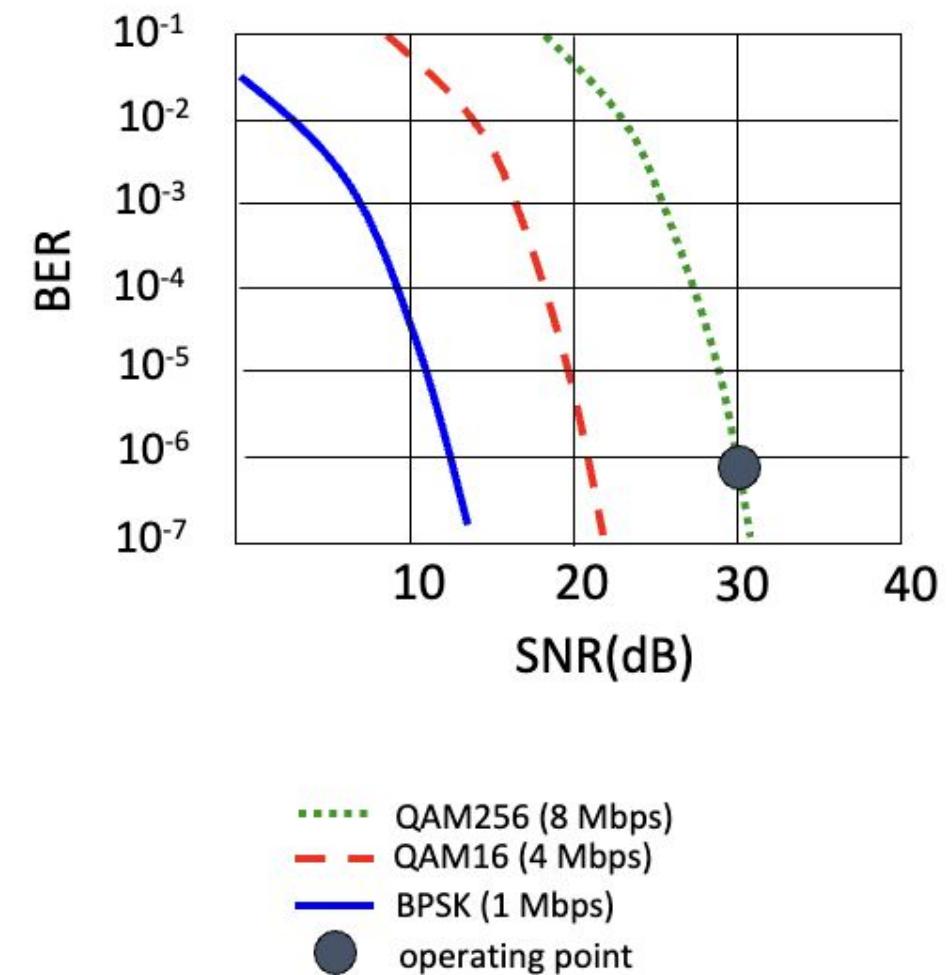


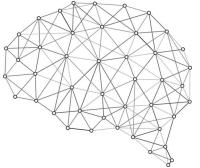
IA

802.11: funções avançadas [1]

Adaptação da Taxa

- a estação base, o nó móvel muda dinamicamente de taxa de transmissão (técnica de modulação da camada física) quando o nó móvel se move, SNR varia
 - SNR diminui, BER aumenta quando o nó móvel se afasta da estação base
 - quando BER se torna muito alta, troca para a taxa de transmissão mais baixa mas com baixo BER

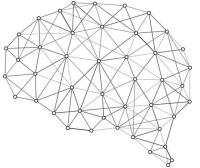


**IA**

802.11: funções avançadas [1]

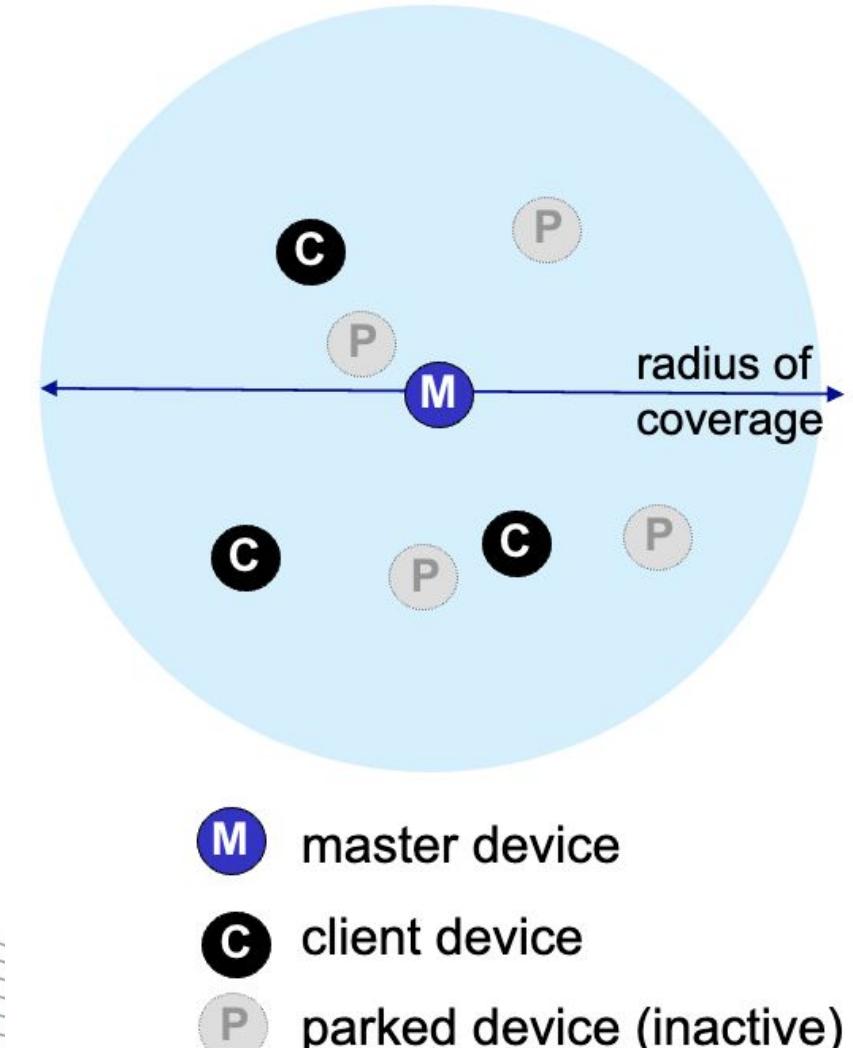
Gerenciamento de energia

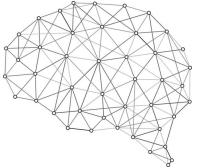
- nó-para-AP: "Eu vou dormir até o próximo quadro beacon"
 - o AP sabe que não é para transmitir quadros para esse nó
 - o nó se acorda antes do próximo quadro beacon
- quadro beacon: contém a lista dos nós móveis com quadros do AP-para-nó móvel para serem enviados
 - o nó vai ficar acordado se existirem os quadros do AP-para-nó móvel para serem enviados; senão, dorme até o próximo quadro beacon.

**IA**

Personal Area Network (PAN): Bluetooth [1]

- menos de 10 metros de diâmetro
- substituto dos cabos (mouse, teclado, fones)
- ad hoc: sem infraestrutura
- 2,4-2,5GHz da banda de rádio ISM, mais de 3 Mbps
- mestre controlador/dispositivos clientes
 - o mestre sonda os clientes, concede requisições para os clientes transmitirem

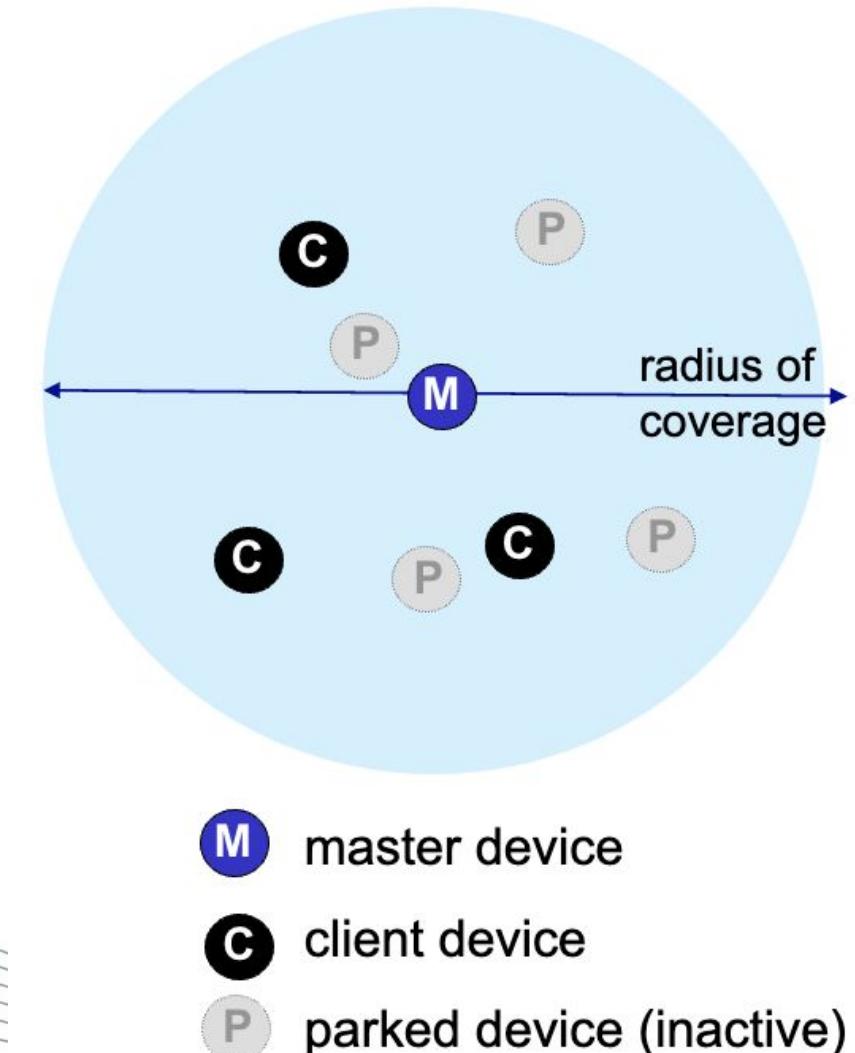


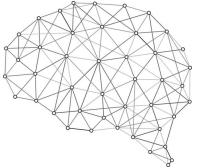


IA

Personal Area Network (PAN): Bluetooth [1]

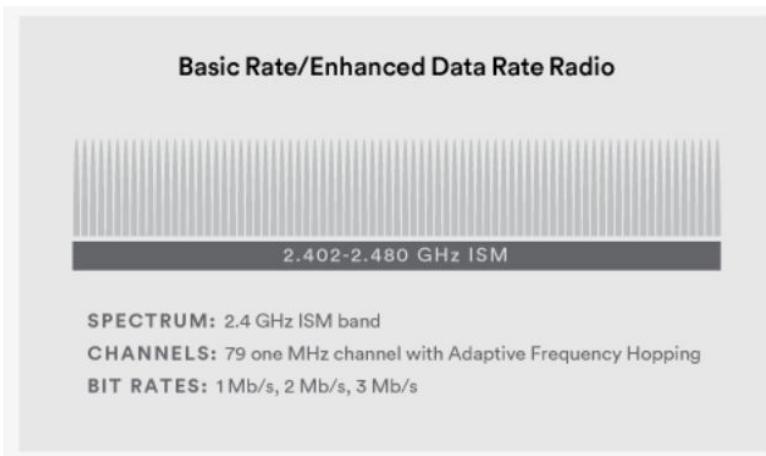
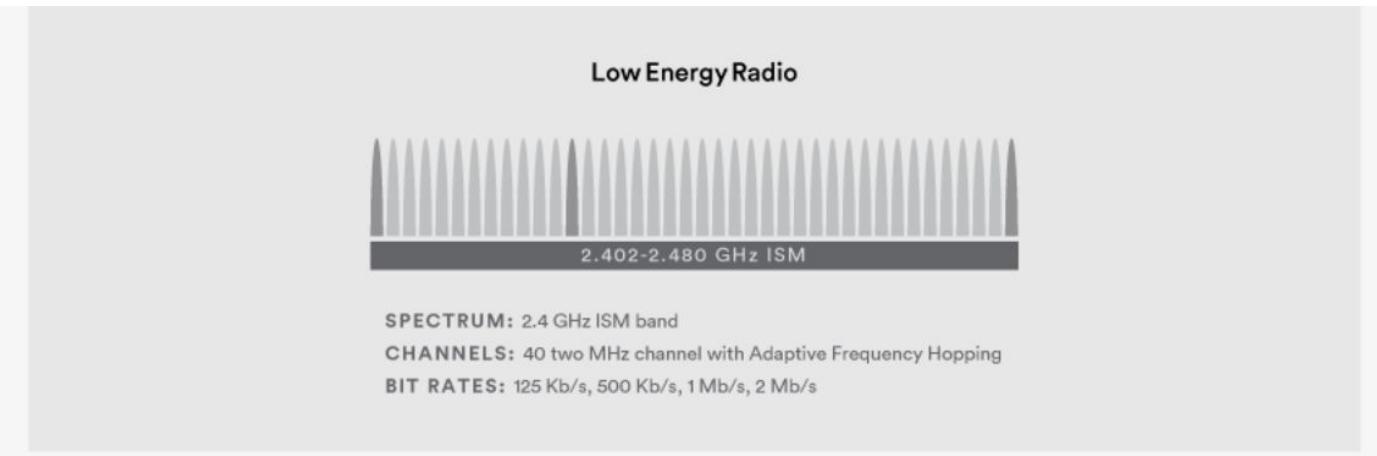
- TDM, 625 mseg o slot
- FDM: emissor usa 79 canais de frequência conhecidos, ordem de slots pseudo-aleatória (spread spectrum)
 - outros dispositivos/equipamentos que não estão na piconet interferem somente em alguns slots
- **modo parked:** clientes podem "ir dormir" (park) e mais tarde acordarem (para preservar a bateria)
- **bootstrapping:** nós se juntam automaticamente (plug and play) à piconet

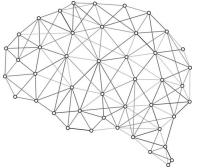


**IA**

Bluetooth Low Energy - BLE [2,3]

- permite diminuir os consumos de energia em dispositivos que não precisam transmitir grandes quantidades de dados
- um dispositivo BLE permanece em modo sleep durante a maior parte do tempo, saindo desse estado só para fazer conexões que duram apenas ms.
- Bluetooth e BLE são incompatíveis

Bluetooth**BLE**



IA

Bluetooth versus BLE [3]

Bluetooth® Classic

Solution Areas



AUDIO STREAMING

DATA TRANSFER

Bluetooth® Low Energy

Solution Areas



LOCATION SERVICES

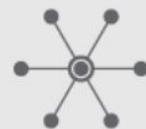
DEVICE NETWORKS

Device Communication



POINT-TO-POINT

Device Communication



POINT-TO-POINT



BROADCAST

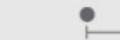


MESH

Device Positioning



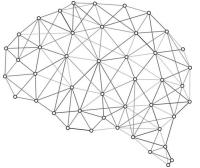
PRESENCE



DISTANCE



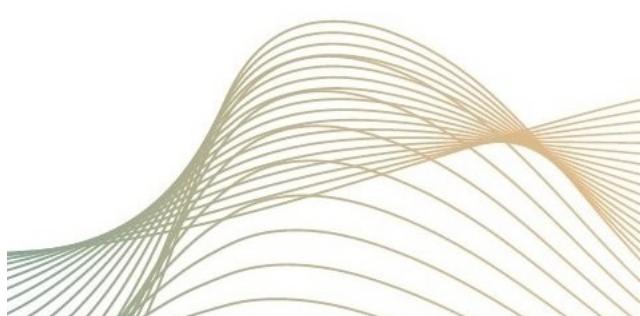
DIRECTION

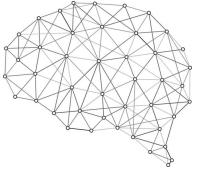


IA

Bluetooth versus BLE [3]

	Bluetooth Low Energy (LE)	Bluetooth Basic Rate/ Enhanced Data Rate (BR/EDR)
Optimized For...	Short burst data transmission	Continuous data streaming
Frequency Band	2.4GHz ISM Band (2.402 – 2.480 GHz Utilized)	2.4GHz ISM Band (2.402 – 2.480 GHz Utilized)
Channels	40 channels with 2 MHz spacing (3 advertising channels/37 data channels)	79 channels with 1 MHz spacing
Channel Usage	Frequency-Hopping Spread Spectrum (FHSS)	Frequency-Hopping Spread Spectrum (FHSS)
Modulation	GFSK	GFSK, π/4 DQPSK, 8DPSK
Power Consumption	~0.01x to 0.5x of reference (depending on use case)	1 (reference value)
Data Rate	LE 2M PHY: 2 Mb/s LE 1M PHY: 1 Mb/s LE Coded PHY (S=2): 500 Kb/s LE Coded PHY (S=8): 125 Kb/s	EDR PHY (8DPSK): 3 Mb/s EDR PHY (π/4 DQPSK): 2 Mb/s BR PHY (GFSK): 1 Mb/s
Max Tx Power*	Class 1: 100 mW (+20 dBm) Class 1.5: 10 mW (+10 dbm) Class 2: 2.5 mW (+4 dBm) Class 3: 1 mW (0 dBm)	Class 1: 100 mW (+20 dBm) Class 2: 2.5 mW (+4 dBm) Class 3: 1 mW (0 dBm)
Network Topologies	Point-to-Point (including piconet) Broadcast Mesh	Point-to-Point (including piconet)



**IA**

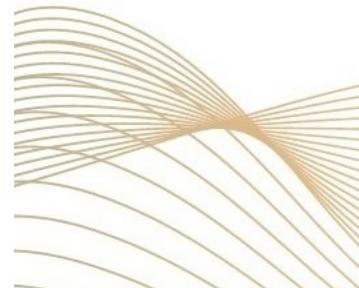
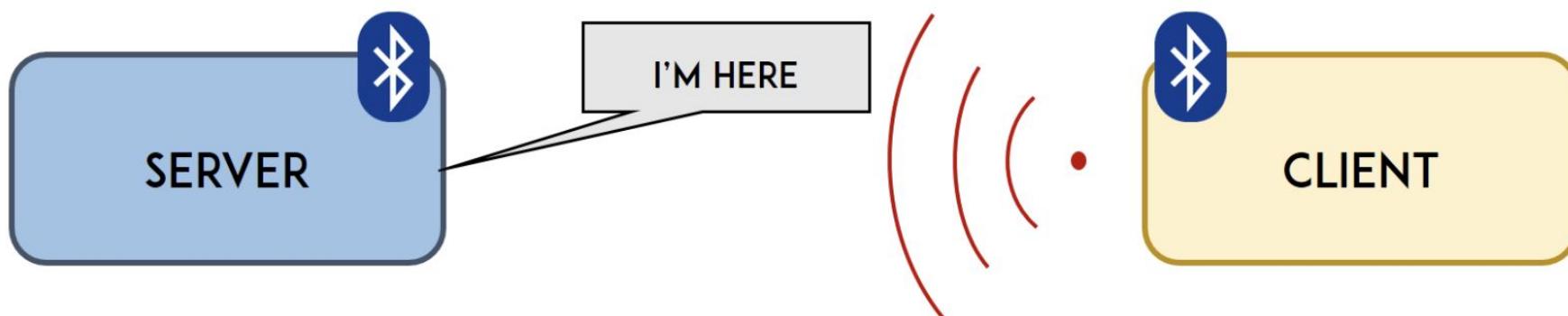
Servidor e Cliente BLE [4]

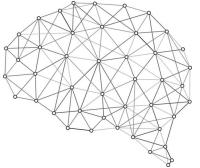
Servidor

- anuncia sua existência para pode ser encontrado por outros dispositivos
- contém dados que o cliente precisa ler

Cliente

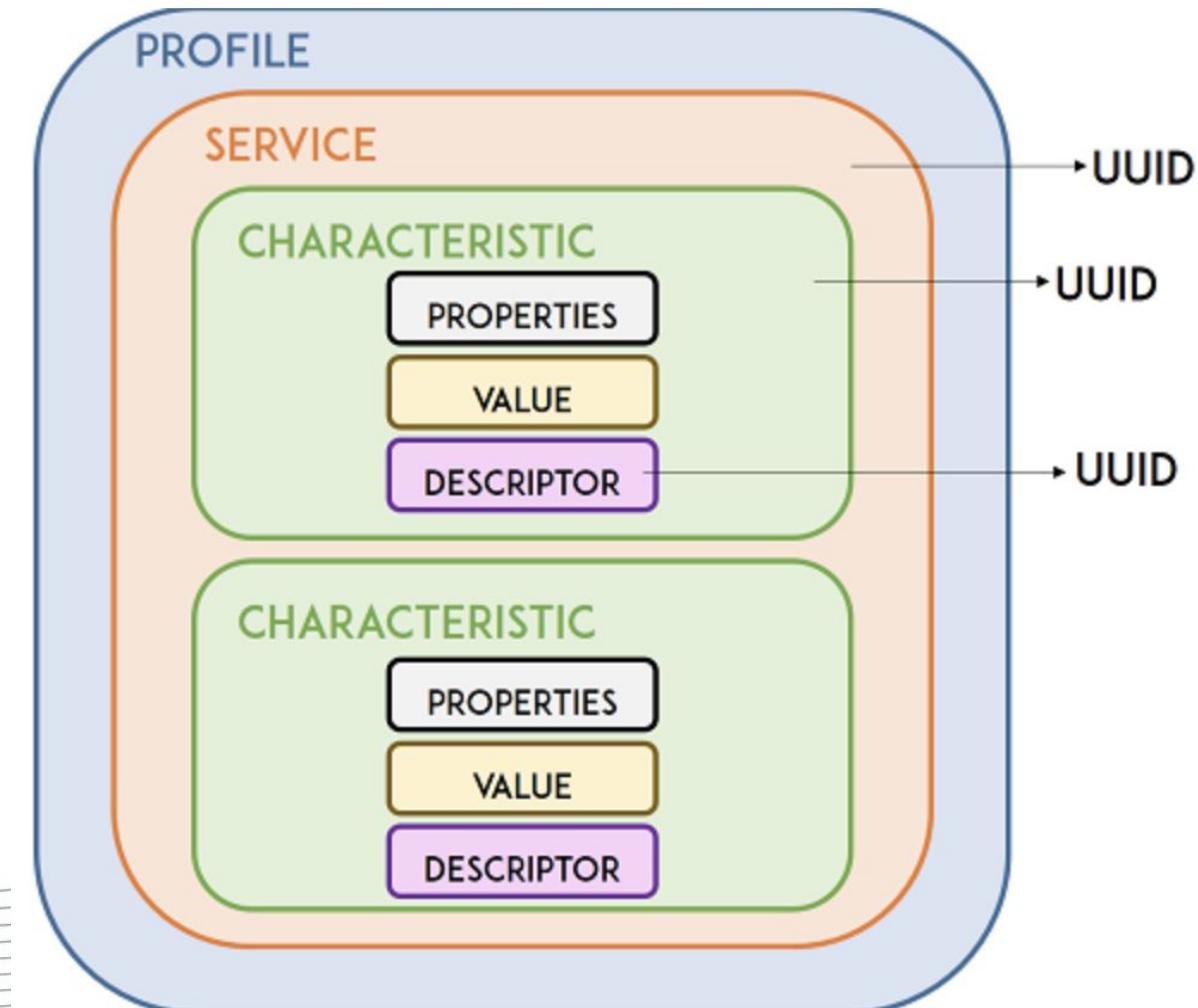
- faz scan de dispositivos próximos e quando encontra o servidor, estabelece conexão e escuta os dados de entrada (comunicação ponto-a-ponto)

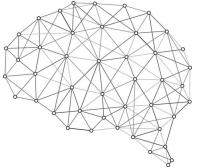


**IA**

BLE: Generic Attributes (GATT) [4]

- Define uma estrutura hierárquica para conectar dispositivos BLE
 - ou seja, define como dois dispositivos BLE enviam e recebem mensagens padrão
- Entender essa hierarquia é importante pois torna mais fácil compreender o BLE e desenvolver aplicações IoT.

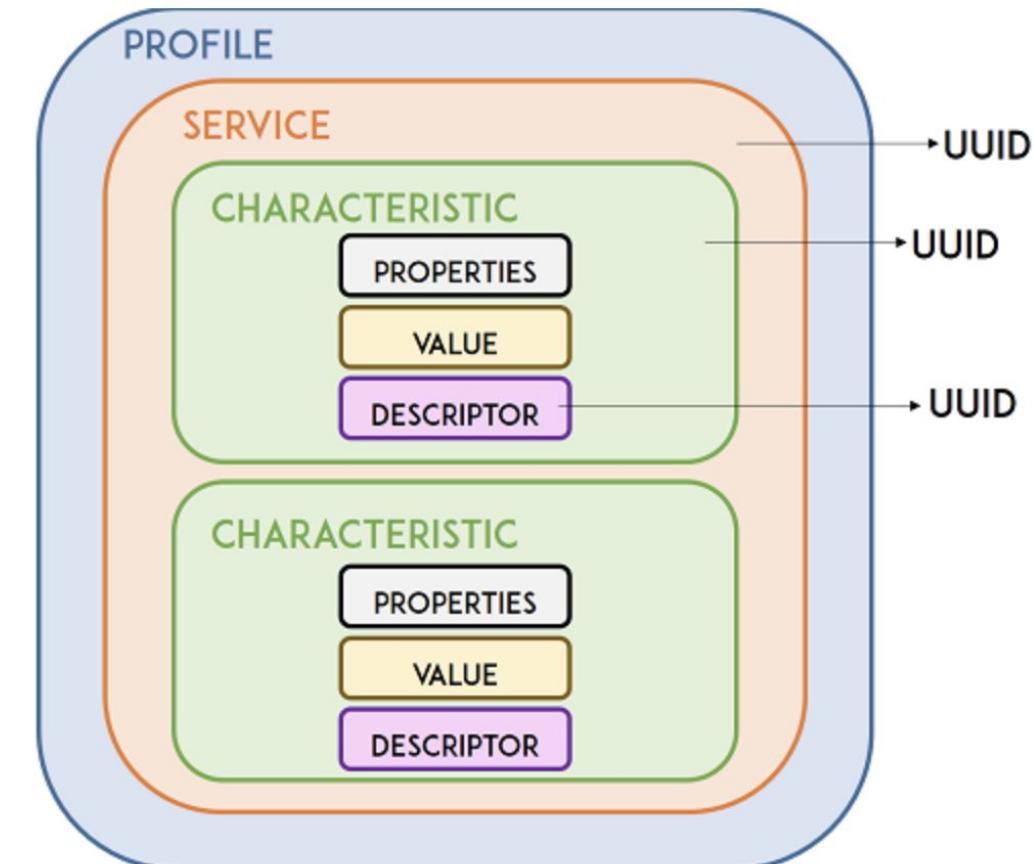




IA

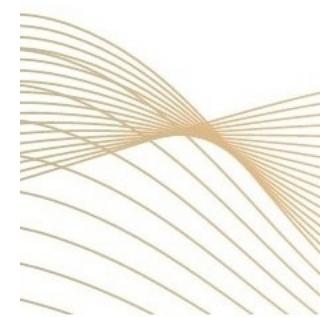
BLE: Serviço [4]

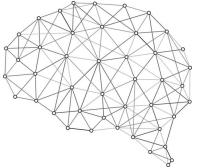
- No nível mais alto da hierarquia, está o **Profile que é composto por um ou mais serviços**
- Cada serviço contém no mínimo **uma característica**, ou pode também referenciar outros serviços.
- Um serviço é simplesmente uma coleção de informação, como leituras de sensores, por exemplo.
- Existem serviços predefinidos para vários tipos de dados definidos pelo SIG (Bluetooth Special Interest Group) como: nível de bateria, pressão sanguínea, batimentos cardíacos, escala de peso, etc.





Name	Uniform Type Identifier	Assigned Number	Specification
Generic Access	org.bluetooth.service.generic_access	0x1800	GSS
Alert Notification Service	org.bluetooth.service.alert_notification	0x1811	GSS
Automation IO	org.bluetooth.service.automation_io	0x1815	GSS
Battery Service	org.bluetooth.service.battery_service	0x180F	GSS
Blood Pressure	org.bluetooth.service.blood_pressure	0x1810	GSS
Body Composition	org.bluetooth.service.body_composition	0x181B	GSS
Bond Management Service	org.bluetooth.service.bond_management	0x181E	GSS
Continuous Glucose Monitoring	org.bluetooth.service.continuous_glucose_monitoring	0x181F	GSS
Current Time Service	org.bluetooth.service.current_time	0x1805	GSS
Cycling Power	org.bluetooth.service.cycling_power	0x1818	GSS
Cycling Speed and Cadence	org.bluetooth.service.cycling_speed_and_cadence	0x1816	GSS
Device Information	org.bluetooth.service.device_information	0x180A	GSS
Environmental Sensing	org.bluetooth.service.environmental_sensing	0x181A	GSS
Fitness Machine	org.bluetooth.service.fitness_machine	0x1826	GSS
Generic Attribute	org.bluetooth.service.generic_attribute	0x1801	GSS

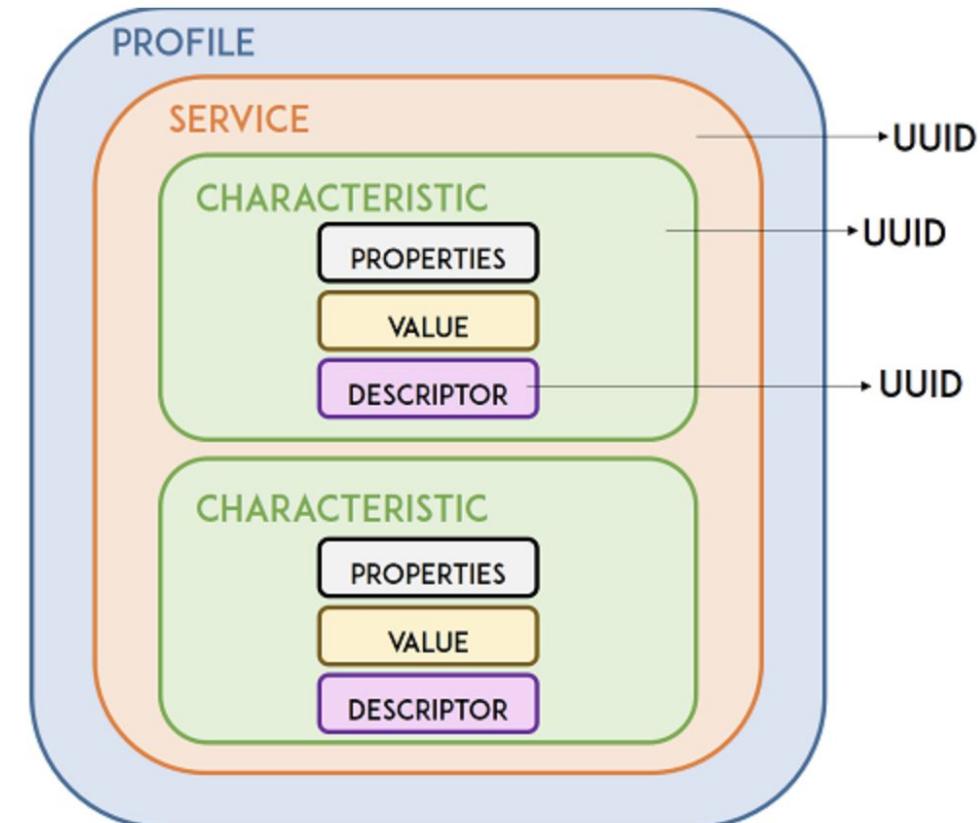


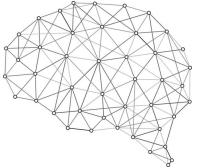


IA

BLE: Característica [4]

- A característica é sempre **propriedade de um serviço** e é onde os dados ficam na hierarquia (valor).
- A característica sempre **tem dois atributos: declaração** de característica que provê metadados dos dados e a característica do **valor**.
- O valor da característica pode ser seguido por **descritores**, que expande com mais informações os metadados contidos na declaração da característica
- As **propriedades** descrevem como se pode interagir com o valor da característica
 - basicamente contém **operações e procedimentos** que podem ser usados com a característica:
 - broadcast, read, write without response, write, notify, Indicate, authenticate signed writes, extended properties



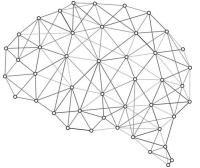
**IA**

BLE: Universal Unique Identifier (UUID) [4]

- Cada serviço, característica e descritor possui um UUID
- o UUID é um número único de 128 bits, por exemplo:

55072829-bc9e-4c53-938a-74a6d4c78776

- existem UUID abreviados para todos os tipos, serviços e profiles especificados no Bluetooth SIG [5]
- Se sua aplicação precisa de seu próprio UUID, você pode gerá-los no site de gerador de UUID online [6]

**IA**

Referências Bibliográficas

- •
- [1] J. Kurose, K. Ross. Redes de Computadores e a Internet - Uma abordagem top-down. 8^a ed. Pearson. 2020.
- [2] André Araújo, Pedro de Vasconcellos. Bluetooth Low Energy. 2012. Disponível em: <https://www.gta.ufrj.br/ensino/eel879/trabalhos_vf_2012_2/bluetooth/index.htm>. Acesso em 09/03/2023.
- [3] Bluetooth SIG. Bluetooth Technology Overview. Disponível em: <<https://www.bluetooth.com/learn-about-bluetooth/tech-overview/>>. Acesso em 09/03/2023.
- [4] Rui Santos. Getting Started with Bluetooth Low Energy (BLE) on Arduino IDE. 2019. Disponível em: <<https://randomnerdtutorials.com/esp32-bluetooth-low-energy-ble-arduino-ide/>>. Acesso em: 09/03/2023.
- [5] Bluetooth SIG. Assigned Numbers. Disponível em: <<https://www.bluetooth.com/specifications/assigned-numbers/>>. Acesso em: 09/03/2023.
- [6] Transparent Tech LLC. Online UUID Generator. Disponível: <<https://www.uuidgenerator.net/>>. Acesso em: 09/03/2023.

Dúvidas?

Módulo de Internet das Coisas



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DO CEARÁ

 Instituto Iracema
PESQUISA E INOVAÇÃO

 MCTI
FUTURO

 Softex

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO